

L'implantation cochléaire robot-assistée

Prof. Dr méd. Marco Caversaccio^{a,b}; Wilhelm Wimmer^{a,b}, PhD; Tom Williamson^b, PhD; Juan Anso^b; Manuel Stebinger^b; Arne Feldmann^c; Christoph Rathgeb^b; Nicolas Gerber^b, PhD; Dr méd. Franca Wagner^d; Prof. Dr sc. techn. Dr méd. Martin Kompis^a; Dr méd. Georgios Mantokoudis^a; Kate Gerber^b, PhD; Prof. Dr-ing. Stefan Weber^b

^a Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, Kopf- und Halschirurgie, Inselspital Bern; ^b ARTORG Center for Biomedical Engineering Research, Universität Bern; ^c Institut für chirurgische Technologien und Biomechanik, Universität Bern; ^d Universitätsklinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie, Inselspital Bern

Durant l'été 2016, l'histoire du forage de canal a été doublement marquée en Suisse. Outre l'ouverture solennelle du tunnel de base du Saint-Gothard, une autre première mondiale d'un tout autre ordre de grandeur a été célébrée à Berne: la première implantation cochléaire robot-assistée sur un patient.



Marco Caversaccio

Implant cochléaire

L'implant cochléaire est une prothèse auditive stimulant le nerf auditif au moyen d'impulsions électriques afin de transmettre des impressions sonores. Les implants cochléaires sont utilisés en priorité chez les patients atteints de surdité bilatérale, qui ne peuvent guère ou plus du tout profiter d'appareils auditifs. En Suisse, près de 200 prothèses auditives de ce type sont utilisées chaque année dans le cadre d'une implantation cochléaire.

Chirurgie mini-invasive de l'oreille

L'implantation cochléaire robot-assistée représente le transfert du principe de chirurgie mini-invasive aux interventions sur l'oreille. A l'aide d'un robot, un petit canal d'accès (1,8 mm de diamètre) est percé dans l'os temporal directement vers l'oreille interne du patient. Outre les avantages généraux d'un accès mini-invasif, tels que de petites incisions cutanées et une réduction du temps de cicatrisation, les cellules aériennes du mastoïde peuvent spécialement être préservées en évitant une mastoïdectomie. La possibilité d'optimisation du degré d'insertion du porte-électrodes par rapport à la cochlée constitue un autre avantage. Jusqu'à ce jour, les systèmes de navigation actuellement disponibles ne pouvaient pas être utilisés pour une telle intervention en raison des hautes exigences imposées en termes de sécurité et de précision du fait de l'anatomie de l'os temporal. C'est la raison pour laquelle un système destiné à l'implantation cochléaire robot-assistée a été développé à Berne dans le cadre d'un travail de recherche sur plusieurs années (fig. 1) [1].

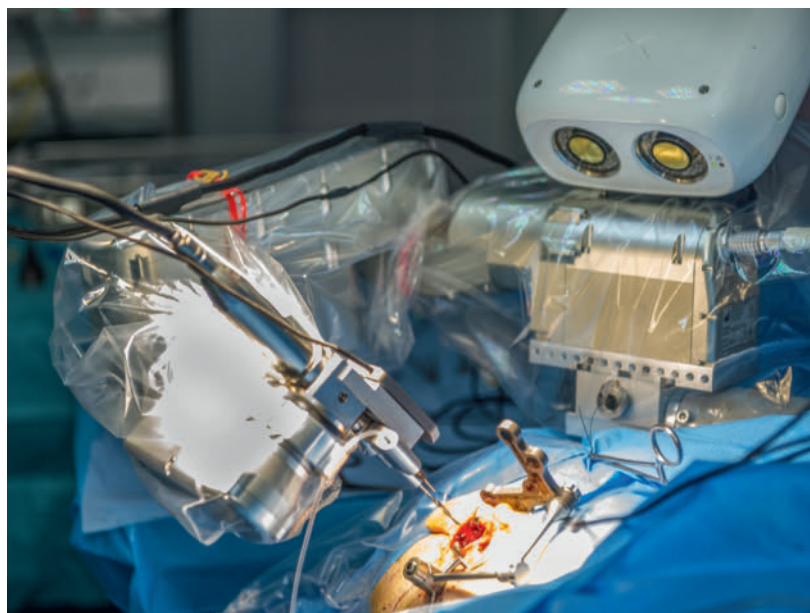


Figure 1: Système développé à Berne destiné à l'implantation cochléaire robot-assistée en cours d'utilisation clinique.

Technologie

L'utilisation du système innovant engendre une transformation de la situation pour les chirurgiens, puisque l'opération a en quelque sorte déjà lieu avant l'intervention proprement dite: dans un premier temps, toutes les structures de l'os temporal qui sont critiques pour le forage (notamment le nerf facial, la corde du tympan et les osselets) sont virtuellement identifiées sur la base d'un ensemble de données d'imagerie au

moyen d'un logiciel de planification. A partir de là, une trajectoire de forage est déterminée depuis la surface de la mastoïde jusqu'à l'objectif au niveau de la cochlée (généralement la fenêtre ronde). Une fois la planification achevée, le forage est effectué sur le patient par un bras robotique mobile, directement fixé à la table d'opération. Afin de garantir l'intégrité des structures anatomiques durant le processus de forage, plusieurs mécanismes de sécurité entrent simultanément en jeu. Le système définit la position de la perceuse à l'aide d'un système de navigation optique de précision et est capable de percer dans l'os avec une précision de l'ordre du sous-millimètre ($0,15 \pm 0,08$ mm). En même temps, un procédé indépendant détermine la position de la perceuse en ajustant continuellement les forces de forage en jeu à la distribution de densité au niveau de l'os, telle qu'elle peut être extraite des images préopératoires [2]. Afin d'éviter des dommages dus à des températures excessives, la production de chaleur est réduite à un minimum grâce à la géométrie spéciale du foret et

à un protocole de forage adaptatif [3]. La fonction du nerf facial est contrôlée durant la phase critique, c'est-à-dire lors du passage du nerf, à l'aide d'une sonde de neuromonitoring développée par nos soins [4]. Finalement, la trajectoire du canal peut être contrôlée au moyen de l'imagerie intraopératoire.

Intégration dans les procédures de travail cliniques

Outre la sécurité lors de l'implantation cochléaire robot-assistée, il convient de respecter une intégration parfaite des procédures opératoires dans la routine clinique (fig. 2). Afin de pouvoir atteindre une haute précision de forage, quatre petites vis à os sont insérées dans le patient au niveau rétroauriculaire en tant que références artificielles. Sur la base d'une tomодensitométrie (TDM) avec les vis, la planification de l'intervention est ensuite réalisée, pendant que le patient est positionné sur la table d'opération pour l'intervention. La procédure de forage proprement dite peut être effectuée en peu de temps (env. 8 minutes). Après achèvement du forage, les vis à os sont retirées. Étant donné que le système se trouve encore en phase d'essai clinique, un lambeau tympano-métal est créé comme accès auxiliaire pour introduire le porte-électrodes [5]. La même incision rétroauriculaire permet de préparer le site implantaire, de fixer l'implant cochléaire et d'introduire, à l'aide d'un tube de guidage, le porte-électrodes dans la cochlée à travers le canal auditif directement depuis l'extérieur.

Première utilisation sur un patient

Le système robotique a été utilisé pour la première fois le 14 juillet 2016 dans le cadre d'une étude clinique de faisabilité (autorisée par la Commission cantonale d'éthique de Berne et Swissmedic) chez une patiente atteinte de surdité bilatérale pour une implantation cochléaire du côté droit. La fonction du nerf facial de la patiente avait été préalablement testée. L'intervention complète s'est déroulée sous anesthésie générale. L'opération de forage a été réalisée conformément au protocole, avec confirmation de la direction correcte du forage au moyen de l'imagerie intraopératoire. La fenêtre ronde a ensuite été exposée et le porte-électrodes introduit dans la cochlée. Afin de confirmer la position et le fonctionnement corrects de l'implant, la télé-métrie de routine (impédances et potentiels d'action composés évoqués) ainsi que l'imagerie au moyen de la tomographie volumique numérique ont été réalisées (fig. 3). Aucune limitation de la fonction du nerf facial n'a été détectée après l'opération. La patiente a entre-

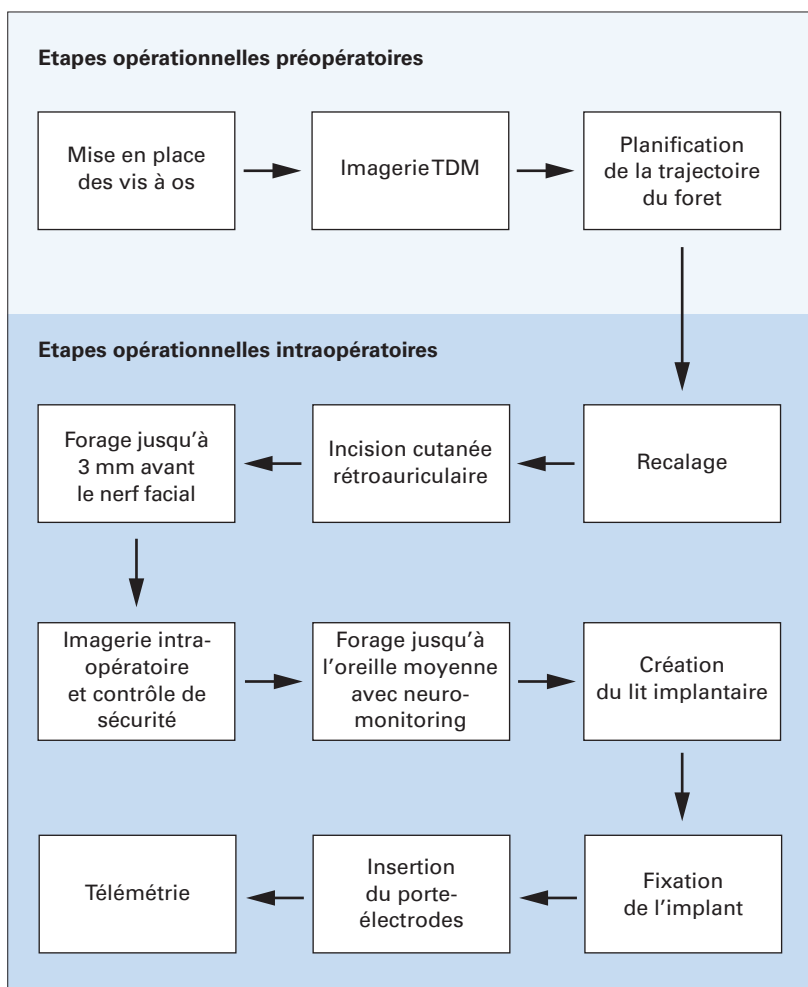


Figure 2: Représentation schématique des opérations réalisées lors de l'implantation cochléaire robot-assistée. TDM = tomодensitométrie.

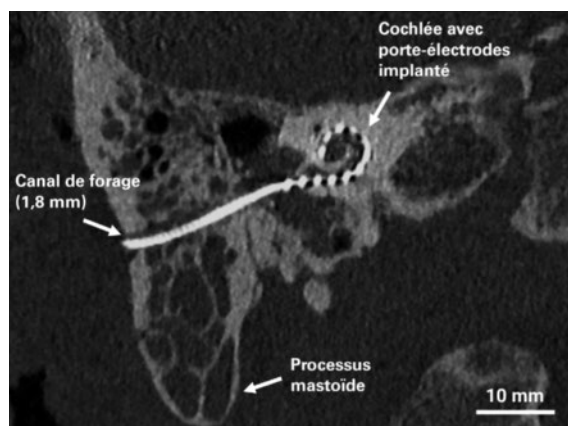


Figure 3: Tomodensitométrie postopératoire de l'os temporal de la première patiente avec représentation du canal de forage et du porte-électrodes introduit.

temps achevé la deuxième consultation d'adaptation et obtient déjà de bons résultats dans la compréhension de la parole.

Résumé et perspectives

L'implantation cochléaire robot-assistée représente une forme de chirurgie tout à fait innovante avec des

utilisations potentielles dans d'autres domaines. Des études internationales de ce système, destinées à prouver son efficacité et à évaluer le rapport coût/bénéfice, sont prévues dans les prochaines années. Par ailleurs, le système pose de nouveaux défis en termes d'acceptation auprès des chirurgiens et de la population.

Disclosure statement

Les auteurs remercient tous les sponsors institutionnels et privés qui ont très généreusement soutenu la recherche par le passé. Il convient notamment de remercier, parmi tant d'autres, le Fonds national Suisse FNS, la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), la Commission Européenne ainsi que la société Med-El.

Références

- 1 Bell B, Gerber N, Williamson T, et al. In vitro accuracy evaluation of image-guided robot system for direct cochlear access. *Otol Neurotol*. 2013;34:1284–90.
- 2 Williamson T, Bell BJ, Gerber N, et al. Estimation of tool pose based on force-density correlation during robotic drilling. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2013;60:969–76.
- 3 Feldmann A, Wandel J, Zysset. Reducing temperature elevation of robotic bone drilling. *Med Eng Physics*. 2016;38:1495–1504.
- 4 Ansó J, Dür C, Gavaghan K, et al. A Neuromonitoring Approach to Facial Nerve Preservation During Image-guided Robotic Cochlear Implantation. *Otol Neurotol*. 2016;37:89–98.
- 5 Wimmer W, Bell B, Huth ME, et al. Cone beam and micro-computed tomography validation of manual array insertion for minimally invasive cochlear implantation. *Audiol Neurotol*. 2014;19:22–30.

Correspondance:
Wilhelm Wimmer, PhD
Universität Bern
Murtenstrasse 50
CH-3008 Bern
wilhelm.wimmer[at]artorg.
unibe.ch